

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002076082 A**

(43) Date of publication of application: **15.03.02**

(51) Int. Cl.

H01L 21/66
C30B 29/06
G01N 21/956
H01L 21/02
H01L 21/304

(21) Application number: **2000262271**

(22) Date of filing: **31.08.00**

(71) Applicant: **SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD**

(72) Inventor: **IWABUCHI MIHO**

(54) **METHOD FOR INSPECTING AND
MANUFACTURING SILICON WAFER, METHOD
FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR
DEVICE, AND SILICON WAFER**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a silicon wafer inspection method for confirming a new defect that affect device processes and for effectively detecting such new defect, manufacturing method of a silicon wafer without the defect manufacturing method of a semiconductor device using the silicon wafer without the defect and the silicon wafer without the defect.

SOLUTION: This silicon wafer inspection is to inspect the defect that is an aggregate of micro-defects like a colony and the whole defective size is more 0.5 μm or more.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



THIS PAGE BLANK COPY

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**BEST AVAILABLE COPY
THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-76082
(P2002-76082A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	N 2 G 0 5 1
C 3 0 B 29/06		C 3 0 B 29/06	A 4 G 0 7 7
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	A 4 M 1 0 6
H 0 1 L 21/02		H 0 1 L 21/02	Z
21/304	6 2 2	21/304	6 2 2 S
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-262271 (P2000-262271)

(22) 出願日 平成12年8月31日 (2000.8.31)

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(72) 発明者 岩淵 美保

福島県西白河郡西郷村小田倉字大平 150

番地 信越半導体株式会社半導体白河研究
所内

(74) 代理人 100080230

弁理士 石原 詔二

F ターム (参考) 2G051 AA51 AB02 AC12 BA10 BB05

BC06 EA08

4G077 AA02 BA04 GA06 HA12

4M106 AA01 AA10 BA05 CB19 DH32

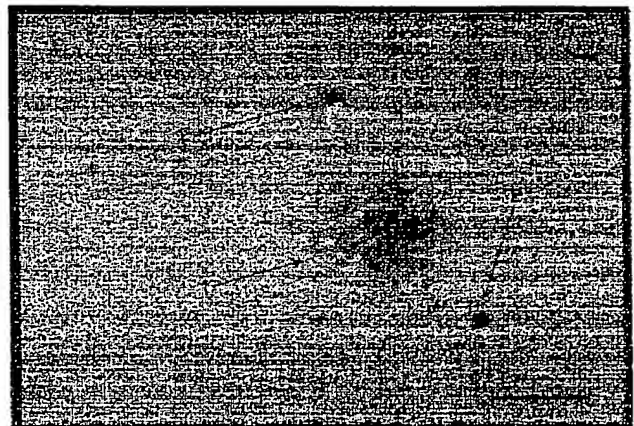
DH37 DJ11

(54) 【発明の名称】 シリコンウエーハの検査方法及び製造方法、半導体デバイスの製造方法及びシリコンウエーハ

(57) 【要約】

【課題】 デバイス工程に影響する新たな欠陥の確認及びその新たな欠陥を効果的に検出するシリコンウエーハ検査方法及びこの欠陥の存在しないシリコンウエーハの製造方法及びこの欠陥のないシリコンウエーハを用いた半導体デバイスの製造方法並びにこの欠陥のないシリコンウエーハを提供する。

【解決手段】 シリコンウエーハを検査するにあたり、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5 \mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコンウエーハを検査するにあたり、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査することを特徴とするシリコンウエーハの検査方法。

【請求項2】 前記欠陥をコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡で検査することを特徴とする請求項1記載のシリコンウエーハの検査方法。

【請求項3】 少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するシリコンウエーハの製造方法において、該洗浄乾燥工程後に、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査する工程を有することを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。

【請求項4】 少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するシリコンウエーハの製造方法において、鏡面研磨された後にウエーハ表面に不純物が付着するのを防止するとともに、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥の発生を防止することを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。

【請求項5】 シリコンウエーハについて微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査し、欠陥のないシリコンウエーハを選別し、この欠陥のないシリコンウエーハを用いて半導体デバイスを製造することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項6】 鏡面研磨されたシリコンウエーハであって、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥が存在しないことを特徴とするシリコンウエーハ。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、シリコンウエーハ（以下、単にウエーハということがある）の検査方法、更に詳しくは今までに確認されていなかった新たな欠陥を検出するシリコンウエーハの検査方法、この欠陥のないシリコンウエーハを製造するための方法及びこの欠陥のないシリコンウエーハを用いた半導体デバイスの製造方法並びにこの欠陥のない新規なシリコンウエーハに関する。

【0002】

【関連技術】一般にシリコンウエーハの製造方法は、単結晶インゴットをスライスして薄円板状のウエーハを得るスライス工程と、該スライス工程によって得られたウエーハの割れ、欠けを防止するためにその外周部を面取りする面取り工程と、このウエーハを平坦化するラッピング工程と、面取り及びラッピングされたウエーハに残留する加工歪みを除去するエッチング工程と、そのウエーハ表面を鏡面化する研磨（ポリッシング）工程と、研

磨されたウエーハを洗浄して、これに付着した研磨剤や異物を除去する洗浄工程を有している。上記工程は、主な工程を示したもので、他に熱処理工程等の工程が加わったり、工程順が入れ換えられたりする。このように製造されたシリコンウエーハは、最終的に品質検査が行われ、その後ウエーハを収納する容器に入れられ包装後、デバイス製造会社（工程）に送られる。

【0003】このような製造工程の中で、デバイスの微細化に伴い、達成すべきデバイス特性がますます厳しくなり、シリコンウエーハに対しても更なる結晶品質の完全性と表面の清浄化が要求されている。

【0004】従って、シリコンウエーハの品質を精密に評価し、シリコンウエーハの作製及びデバイス作製プロセスの改善を図っていく必要がある。

【0005】シリコンウエーハは、不純物、微小欠陥、歪み場等の存在に伴い結晶品質の完全性が大きく損われる。また、シリコンウエーハ表面でも重金属や、有機物、パーティクルや表面ラフネスが問題となってくる。

【0006】これまでにデバイス工程で問題となる欠陥としては、ウエーハの表層近くに現れるCOP（Crystal Originated Particle）が知られている。COPは、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の欠陥であるが、アンモニア、過酸化水素水の溶液（SC1溶液ともいわれる）で処理することによって観察できる $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度の欠陥として、ウエーハ表面にピットとして現われる。これらは、結晶を引き上げる際に導入されてしまう欠陥である。

【0007】また酸化膜耐圧との関係が深いFPD（Flow Pattern Defect）は、フッ酸、重クロム酸カリウム系のエッチング液を用い、選択エッチングすることによりさざなみ模様の欠陥が現われる。

【0008】他にも、レーザ散乱トモグラフィ法により検出されるLSTD（Laser Scattering Tomography Defect）などが知られているが、これらの欠陥は結晶成長中の生成挙動がよく似た微小欠陥である。

【0009】また、酸化誘起積層欠陥（Oxidation-induced Stacking Fault；OSF）などもデバイス特性に大きく影響することが知られている。

【0010】これらの欠陥を評価する方法としては、各欠陥を評価する前に、シリコンウエーハ自体に前処理を行い、その後目視や電子顕微鏡などで欠陥を直接観察している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記欠陥以外にもデバイス工程に影響する欠陥が存在するのではないかという事が考えられていた。これは、COP、FPD、LSTDやOSFとは違う形態の欠陥と考えられるが、その具体的な欠陥の特徴は知られていなかった。

【0012】従って、シリコンウエーハの品質を精密に評価し、シリコンウエーハの作製及びデバイス作製プロセスの改善を図っていくことが困難であった。

【0013】本発明者は従来から知られているCOPなどの結晶欠陥とは異なり、欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である新たな欠陥を発見した。この欠陥は特にデバイス工程での歩留まりに影響すると考えられる。

【0014】更に詳しくこの新たな欠陥について説明すると、この欠陥は、少なくとも欠陥部分とそれ以外の表面の凹凸には変化がない欠陥である。例えば、原子間力顕微鏡(AFM: Atomic Force Microscope)で測定した場合、欠陥は全く観察されない。

【0015】原子間力顕微鏡(AFM)とは、探針先端の原子を試料に近づけた際に働く原子間力を利用して、原子間力が一定になるように探針を制御し表面を観察するものである。ちなみに原子間力顕微鏡(AFM)の分解能は 0.1nm 以下である。

【0016】この新たな欠陥は、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡で適切な画像処理を行うことによって検出することができる。

【0017】コンフォーカル光学系とは、サンプル上にレーザー光を集束させて微小スポットで照射し、その反射光を受光器の全面に配置したピンホールに再び集束させ、ピンホールを通過した光量を検出するものである。

【0018】図7に示すように、このコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡10はアルゴンイオンレーザー等のレーザー光源14、フォトダイオード等の光検出器24、ビームスプリッタ16、ピンホール20a等を有している。なお、このレーザー顕微鏡10については後に詳述する。

【0019】また、この新たな欠陥は、SC1洗浄でも評価可能である。しかしこの評価方法は破壊検査となってしまう問題がある。さらに、SC1洗浄で見やすくするには、エッチング時間を長くすれば良いが、エッチングが進むとウエーハ表面が粗れてしまうので、COPと本発明で明らかになった新しい欠陥の区別も難しい。

【0020】上記した新たな欠陥は、デバイスの歩留まりに影響することから、上記評価方法により評価し、欠陥が観察されたウエーハはデバイス工程に送らないように管理すればよいことが判明した。本発明は上記した知見に基づいて完成されたものである。

【0021】本発明は、デバイス工程に影響する新たな欠陥の確認及びその新たな欠陥を効果的に検出するシリコンウエーハ検査方法及びこの欠陥の存在しないシリコンウエーハの製造方法及びこの欠陥のないシリコンウエーハを用いた半導体デバイスの製造方法並びにこの欠陥のないシリコンウエーハを提供する事を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0022】上記課題を解決するために、本発明のシリコンウエーハの検査方法は、シリコンウエーハを検査するにあたり、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査するものである。なおこの新たな欠陥は、微小欠陥として $0.05\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度の欠陥が、数十個～数百個程度集合しコロニー状の欠陥が形成されている。集合する微小欠陥の数にもよるが、小さいものでも全体として $0.5\mu\text{m}$ 以上のサイズの欠陥として検出される。大きいものでは $3\sim 10\mu\text{m}$ 程度の大きさの欠陥もある。

【0023】上記欠陥はコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡で検査することが可能である。この欠陥は、欠陥部分とそれ以外の表面の凹凸に変化がないため、原子間力顕微鏡(AFM)では評価できない。アンモニア、過酸化水素水系の薬液(SC1溶液)により前処理し、欠陥部分をエッチングした後測定すれば検出は可能であるが、破壊検査となってしまう。またCOP等の従来の欠陥との区別が難しくなる。非破壊検査として評価するにはコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡が好適である。

【0024】また、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡以外にも、暗視野顕微鏡でも評価が可能であることが明らかになった。暗視野顕微鏡は、測定系全体を暗くした状態で測定サンプル上にレーザー光をあて、欠陥や異物によって散乱された光を観察する方法であり、これも非破壊で評価可能である。

【0025】本発明のシリコンウエーハの製造方法の第1の態様は、少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するウエーハの製造工程において、洗浄乾燥工程後に、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合し全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査する工程を有するものである。

【0026】本発明のシリコンウエーハの製造方法の第2の態様は、少なくとも研磨工程及び洗浄乾燥工程を有するウエーハの製造工程において、鏡面研磨された後にウエーハ表面に不純物が付着するのを防止するとともに、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥の発生を防止するものである。

【0027】本発明の半導体デバイスの製造方法は、シリコンウエーハについて微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査し、欠陥のないウエーハを選別し、この欠陥のないシリコンウエーハを用いて半導体デバイスを製造するものである。

【0028】本発明のシリコンウエーハは、鏡面研磨されたシリコンウエーハであって微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥が存在しないことを特徴とする。

【0029】本発明の検査方法によって検査対象とされるこの新しい欠陥は結晶起因の欠陥というより、主に研磨工程以降の不純物、例えば金属不純物により汚染、または研磨後に表面状態が不均一（研磨剤のアルカリ成分が部分的に残っていたり、親水面と疎水面ができたりと不均一な状態）、または大気中に浮遊しているシリコン粒などがウエーハに付着することで発生することが考えられる。研磨後にウエーハ表面に不純物が付着するのを防止し、この欠陥の発生を防止することができる。

【0030】従って、このような欠陥のないウエーハの製造のためには、ウエーハ研磨直後に不純物が付着しないようにする。例えば、研磨直後のウエーハの保管を水中で行い、この保管用水にクエン酸と界面活性剤を添加したり、または、過酸化水素水とクエン酸を添加するなどし、ウエーハ表面に不純物の一種である金属が付着しないように管理し製造する。また、保管後、洗浄工程及び包装工程（及び検査工程）等の工程を経て最終的なウエーハが加工されるが、これらの研磨後の洗浄工程、包装工程なども大気中からの不純物の汚染、またはウエーハを出荷する出荷容器などの包装容器からの汚染も防止するように注意しウエーハを製造すればよい。

【0031】このように研磨後の不純物汚染を十分注意するように製造すれば、安定してこれらの欠陥のないウエーハが製造できる。

【0032】また、これとは別に、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査する工程を製造工程の一部とし、特に洗浄後、包装前の段階で検査する工程を有したウエーハの製造方法とすることが望ましい。

【0033】このような検査方法を製造工程の一部とすると歩留まりを悪くすると思われるウエーハを取り除くことができ好ましい。また、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡又は暗視野顕微鏡は、非破壊の検査装置であるため製造工程の一部として実施することができる。

【0034】このようにし、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥のないウエーハを選別し、デバイス工程でこのウエーハを使用することにより歩留まりのよいデバイス製造が可能になる。

【0035】

【発明の実施の形態】以下に、本発明方法に用いられるコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡及び暗視野顕微鏡及びそれを用いたウエーハの検査手順について図7、図8及び図9に基づいて説明するが、本発明はこれらの図示例に限定されるものではなく、本発明の技術思想から逸脱しない限り種々の変形が可能であることはいうまでもない。

【0036】図7はコンフォーカル光学系によるレーザ

ー顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。図7において、10はコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡で、顕微鏡本体12に対応してアルゴンレーザー等のレーザー光源14が設けられている。

【0037】該顕微鏡本体12はレーザー光源14からのレーザービームBを複数のレーザービームBに分割するビームスプリッタ16、検査対象であるウエーハWの表面にレーザービームBを収束させる対物レンズ18、ウエーハWの表面から反射したレーザービームBをピンホール部材20のピンホール20aに収束する集光レンズ22及び該ピンホール20aを通過したレーザービームBを受光する光検出器24から構成されている。

【0038】このような構成により、その動作原理を以下に説明する。

①レーザー光源14からのレーザービームBはビームスプリッタ16によって複数のレーザービームBに分割される。

【0039】②対物レンズ18によって全てのレーザービームBはウエーハWの表面上に収束し、例えば $0.4\mu\text{m}$ 程度のスポットでウエーハ表面を照射し、それと同時に全てのレーザービーム及び間隔を一定に保ったまま水平方向にスキャンされる。

【0040】③ウエーハWの表面から反射されたレーザービームBは光学系を戻り、集光レンズ22によって収束されてピンホール部材20のピンホール20aを通過して光検出器24に入射する。

【0041】④ウエーハWの表面に欠陥がある場合には、その欠陥部分からの反射光の波面は乱れており、光検出器24においてレーザービームBのスポットが拡がってしまい光検出信号が低下する。

【0042】⑤不図示の欠陥検出回路は、光検出器24における信号の差を検出することにより、設定された値以上の信号強度差が発生する部分を欠陥部とし、その大きさと座標を記録する。

【0043】⑥検査は等速スピードで移動しながら行われ、それぞれのビームスポットはウエーハWの全体を緻密にスキャンする。

【0044】続いて、上記したコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡10を用いたウエーハWの検査手順を図8によって説明する。図8はウエーハWの検査手順の一例を示すフローチャートである。

【0045】本発明のウエーハの検査方法におけるウエーハの具体的な検査手順は次のように行われる。

①ウエーハカセットにウエーハを載せ、ローダー部にセットする（ステップ100）。

【0046】②オペレータコンソール部で検査するウエーハの順番や検査感度等のレシピを作成する（ステップ101）。

【0047】③自動的にアラインメントを行い連続的にウエーハの検査を実行する（ステップ102）。

【0048】④ウエーハの検査実行中は検査済みの領域の検査結果の欠陥マップ及びヒストグラムが表示され、検査結果ファイルが自動的に作成される（ステップ103）。

【0049】⑤ウエーハの検査終了後に欠陥マップ画面から指定した任意の欠陥部分の画像を観察することができる（ステップ104）。

【0050】なお、以下の実施例で用いたコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡ではオプションのビデオプリンタを使用すると、モニタ画面をプリントアウトすることができる。さらに、検査結果の座標ファイルフォーマットを走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）や原子間力顕微鏡（AFM）等の他の装置の座標ファイルフォーマットに変換することにより、検出した欠陥部分を異なる観点から解析することもできる。

【0051】図9は暗視野顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。図9において、30は暗視野顕微鏡で、光学顕微鏡本体32を有し、測定系を暗視野にしてある。光学顕微鏡本体32に対してアルゴンレーザー等のレーザー光源34が設けられている。レーザー光源34からのレーザービームBをウエーハW表面に照射すると、ウエーハWの欠陥1等によりレーザービームBが散乱せしめられ、このレーザー散乱光Sを集光しCCDカメラ等の観察装置（検出器）44で検出する。

【0052】このような構成により、その動作原理を以下に説明する。

①測定系を暗視野にした状態でレーザー光源34からレーザービームBをウエーハW表面に照射する。

【0053】②ウエーハW面内をスキャンすると欠陥1のある部分でレーザーが散乱する。

【0054】③この散乱光（レーザー散乱）を光学顕微鏡で集束し、検出器44で検出するものである。

【0055】

【実施例】以下に、実施例を挙げて本発明をさらに具体的に説明するが、これらの実施例は例示的であり、限定的に解決されるべきでないことはいふまでもない。

【0056】〔実験例1：コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡による検査（非破壊検査）〕コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡として、レーザーテック社製のMAGICS（商品名）を用いシリコンウエーハの観察検査を行った。なお、このコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡を用いた検査は非破壊であり、特別な前処理が必要ない。

【0057】試料シリコンウエーハは一般的な方法により製造した。つまり、シリコン単結晶インゴットをスライスし、該スライスされたウエーハの割れ、欠けを防止するためにその外周部を面取りし、このウエーハを平坦化するラッピングと、加工歪みを除去するエッチング工程と、そのウエーハ表面を鏡面化する研磨（ポリッシ

ング）を行い洗浄、乾燥した試料ウエーハの評価を行った。

【0058】欠陥の観察結果を図1及び図2に示す。図1はMAGICSを用いた上記シリコンウエーハの表面の顕微鏡写真及び図2は図1の模式図である。図1及び図2の符号1は新たにデバイス工程で問題となると考えられる欠陥（欠陥1）である。図1の顕微鏡写真及び図2の模式図から、点状の欠陥がコロニー状に集まりかつ全体として0.5 μ m以上の欠陥を形成していることが分かる。図1及び図2の欠陥1はウエーハ面内で観察される代表的な欠陥を示したものである。微小欠陥の集合状態により全体の欠陥のサイズは異なるものの、同様なコロニー状の形状を持つ0.5 μ m～10 μ m程度の大きさの欠陥1がウエーハ面内で複数観察された。図1及び図2に示した欠陥1は約6 μ mの欠陥であった。

【0059】なお、図1及び図2において、符号2は、原子間力顕微鏡（AFM）によって観察できる欠陥（欠陥2）である。この欠陥2を目印とし、他の評価法でも同じ位置を確認した。つまり、定点観察するようにした。

【0060】引き続いて原子間力顕微鏡（AFM）で欠陥表面の凹凸を評価した。原子間力顕微鏡（AFM）はセイコーインスツルメンツ社製SPA360を用いた。

【0061】欠陥2を目印に図1及び図2と同じ位置で欠陥を確認した。原子間力顕微鏡（AFM）の観察結果を図3に示す。図3はSPA360を用いた上記シリコンウエーハの表面の顕微鏡写真及び図4は図3の模式図である。図3及び図4から明らかなように、図1及び図2で観察された欠陥1は原子間力顕微鏡（AFM）などで凹凸を評価しても検出されることがなく、COP等とは違って、この欠陥は凹凸が無くウエーハ内部（極表面層）部分での歪みに不純物が集まったもの等であることが考えられる。

【0062】〔実験例2：SC1液による長時間処理後の検査（破壊検査）〕実験例1で観察したシリコンウエーハに対してSC1液（28重量%アンモニア水：30重量%過酸化水素水：水＝10：2：100の容積比の薬液）を用い、薬液温度80℃、処理時間40分の条件で処理を施した。これらの浸漬処理を施したウエーハについて原子間力顕微鏡（AFM）によって観察検査を行った。

【0063】欠陥の観察結果を図5及び図6に示す。図5はSPA360を用いた上記シリコンウエーハの表面の顕微鏡写真及び図6は図5の模式図である。原子間力顕微鏡（AFM）で観察できなかった（図3及び図4参照）欠陥1の部分が、SC1組成の薬液によってエッチングされ、図5及び図6に示されるように、欠陥1が観察できるようになることがわかる。

【0064】以上のように、この新しい欠陥1はCOPなどの結晶起因の欠陥とは違い、ウエーハ表面の極表面層

で起きている欠陥、特に歪みが原因の欠陥と考えられる。

【0065】〔実験例3：暗視野顕微鏡による検査〕暗視野顕微鏡として、セイコーインスツルメンツ社製SPA360を用いシリコンウェーハの観察を行った。なお、このSPA360は先に示した原子間力顕微鏡(AFM)と暗視野顕微鏡の異なる顕微鏡を併設した装置であり、AFMで測定した座標位置と同じ位置の暗視野顕微鏡観察ができる装置である。

【0066】試料シリコンウェーハは、コンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体として欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥が存在することを確認したウェーハ(実験例1のウェーハ)について行った。

【0067】欠陥の観察結果を図10及び図11に示す。図10は暗視野顕微鏡による上記シリコンウェーハの顕微鏡写真及び図11は図10の模式図である。これらは約50倍の倍率で観察したものである。微小欠陥それぞれは区別しづらいもののコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡で観察された欠陥1と同様な形状の欠陥を観察することが可能であることがわかる。なお、暗視野顕微鏡では通常の凹凸のある欠陥(例えば目印として観察した欠陥2のようなもの)やパーティクルが存在する場合にレーザー散乱を起こし検出が可能となるものであるが、本発明のような凹凸のない欠陥も観察できることがわかった。このように暗視野顕微鏡でこの新たな欠陥が観察できるのは、この欠陥が特異な欠陥であるためと考えられる。つまりこの欠陥は凹凸が存在しないものの、欠陥部分とそのまわりの正常な部分で表面の質、特に不純物等の存在による密度的な違いがある欠陥と考えられる。

【0068】(実施例1) 実験例1と同様の手順により研磨処理まで行った試料シリコンウェーハを作成し、その研磨後の試料ウェーハを、クエン酸+過酸化水素水のピット層に保管し、金属汚染などの不純物を極力防止し、次に洗浄を行った。この洗浄においても重金属の汚染を防止し乾燥した。また、その後も空気中のパーティクル量が 1cf(cubic feet) あたり、1000個以下の環境下で維持し、すぐにコンフォーカル光学系を用いたレーザー顕微鏡でそのウェーハを観察評価した。図1に示されたような微小欠陥がコロニー状に集合し全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥1は観察されなかった。

【0069】(比較例1) 実験例1と同様の手順により研磨処理まで行った試料シリコンウェーハを作成し、その研磨後の試料ウェーハを、純水の保管用水で保管及び故意に大気中にしばらく放置した後に、洗浄を行った。なお、この時故意に不特定の不純物に接触するようにした。このシリコンウェーハについて、コンフォーカル光学系を用いたレーザー顕微鏡によって観察評価した。図

1及び図2に示されたような微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥1が複数観察された。今回観察したウェーハ(8インチウェーハ)には $1\sim 5\mu\text{m}$ 程度の大きさのコロニー状の欠陥がウェーハ面内、特に周辺部分に10~30個存在していた。

【0070】(製造例1) コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡により、微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥を検査する工程を製造工程の一部とし、つまり洗浄乾燥工程と包装工程の間に上記検査工程を有したウェーハ製造工程とした。

【0071】ウェーハ製造のうち、洗浄乾燥工程までの工程を複数のラインで実施し、ウェーハを評価した。製造ラインによって、上記欠陥が観察されるラインとされないラインがあった。製造工程をみると、研磨後の保管用水は、純水のみで保管用水であった。上記保管用水に過酸化水素水とクエン酸を添加することで、このラインで製造したウェーハにも欠陥が見られなくなった。このようにコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡の検査結果により製造工程の改善ができる。

【0072】また、欠陥の観察されたウェーハ、特に $0.5\mu\text{m}$ 以上の比較的大きな欠陥を有するウェーハをデバイス工程に投入すると、歩留まりが低下した。検査工程で目視又は画像処理によりこの欠陥を識別し選別して、デバイス工程に投入することにより歩留まりは向上した。

【0073】上記した各種の実験結果によって、デバイスの歩留まりに影響する新たな欠陥が明らかになった。また、このような欠陥が存在しないウェーハが良好な性能を示すことが分かった。この欠陥は、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡で容易に検出できることがわかった。従って、この欠陥のないウェーハを識別してデバイス工程に送ることで歩留まりの向上が行える。なお、この欠陥を防止するには、研磨後の不純物汚染を防止し管理すれば良いこともわかった。又、コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡以外にも暗視野顕微鏡により検出できることがわかり、同様な効果が得られることがわかった。このような検出される光の量の変化(コントラストの違い)を敏感に観察できる顕微鏡が好ましい。

【0074】なお、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、このようなコンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡等で観察される新たな欠陥、つまり微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上で凹凸のない欠陥は、研磨工程後によく観察される。これは研磨後のウェーハ表面が活性な状態であるため、欠陥の原因と考えられる不純物と接触した場合にその影響を受けやすいためと考えられる。このようなウェーハ表面が活性な状態はエピタキシャル

成長後やフッ酸溶液等により処理したウェーハでも起こり、同様な欠陥が観察されることがある。このようなエピタキシャル成長後やフッ酸処理後のウェーハを検査すること及びこれらの工程後にこの欠陥がないウェーハを選別することも本発明の技術範囲に包含される。

【0075】

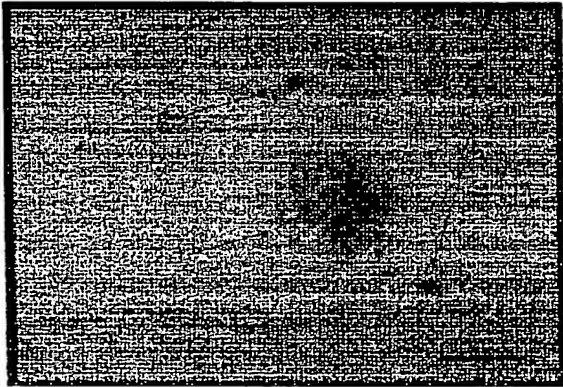
【発明の効果】以上述べたごとく、本発明のシリコンウェーハ検査方法によれば、デバイス工程に影響するシリコンウェーハの新たな欠陥（微小欠陥がコロニー状に集合しかつ全体の欠陥サイズが $0.5\mu\text{m}$ 以上である欠陥）の確認及びその新たな欠陥を効果的に検出することが可能である。本発明のシリコンウェーハの製造方法によれば、この新たな欠陥の存在しないシリコンウェーハを製造することができる。また、本発明のデバイスの製造方法によれば、この新しい欠陥の存在しないシリコンウェーハを用いることによって歩留りの向上が可能となる。本発明のシリコンウェーハは、この新しい欠陥が存在しないものであり、デバイスの歩留りの向上に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

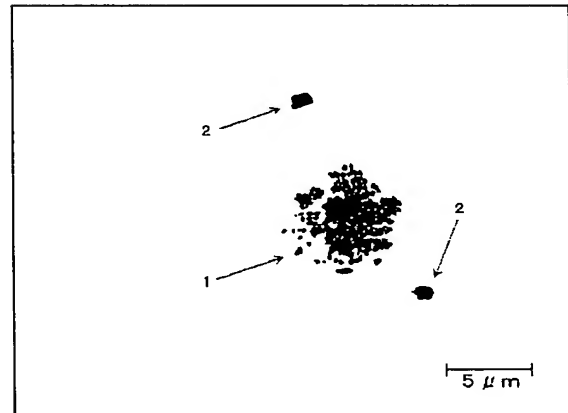
【図1】 実験例1におけるコンフォーカル光学系のレーザー顕微鏡によるシリコンウェーハの顕微鏡写真である。

【図2】 図1の模式図である。

【図1】



【図2】



【図3】 実験例1における原子間力顕微鏡（AFM）によるシリコンウェーハの顕微鏡写真である。

【図4】 図3の模式図である。

【図5】 実験例2における原子間力顕微鏡（AFM）によるシリコンウェーハの顕微鏡写真である。

【図6】 図5の模式図である。

【図7】 コンフォーカル光学系によるレーザー顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。

【図8】 ウェーハ検査手順の1例を示すフローチャートである。

【図9】 暗視野顕微鏡の基本構造を示す概略説明図である。

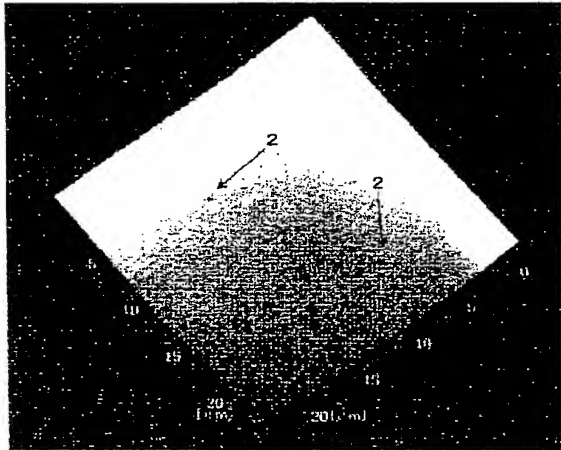
【図10】 実験例3における暗視野顕微鏡によるシリコンウェーハの顕微鏡写真である。

【図11】 図10の模式図である。

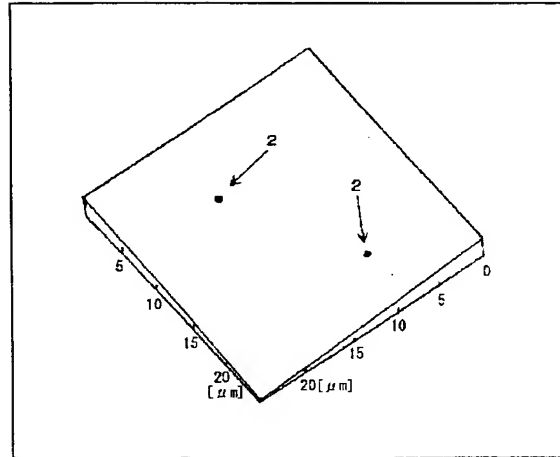
【符号の説明】

1、2：欠陥、10：レーザー顕微鏡、12：顕微鏡本体、14：レーザー光源、16：ビームスプリッタ、18：対物レンズ、20a：ピンホール、20：ピンホール部材、22：集光レンズ、24：光検出器、30：暗視野顕微鏡、32：光学顕微鏡本体、34：レーザー光源、44：観察装置（検出器）、S：レーザー散乱光、B：レーザービーム、W：ウェーハ。

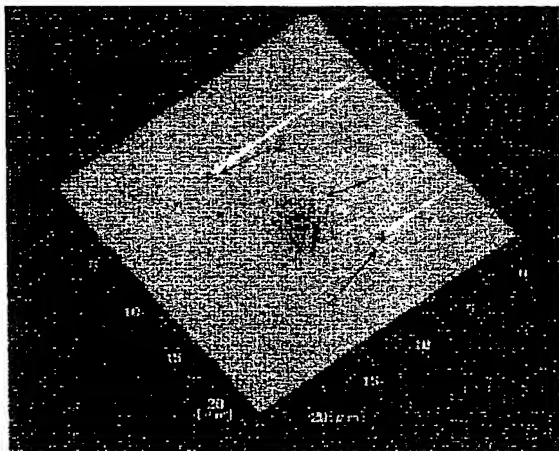
【図3】



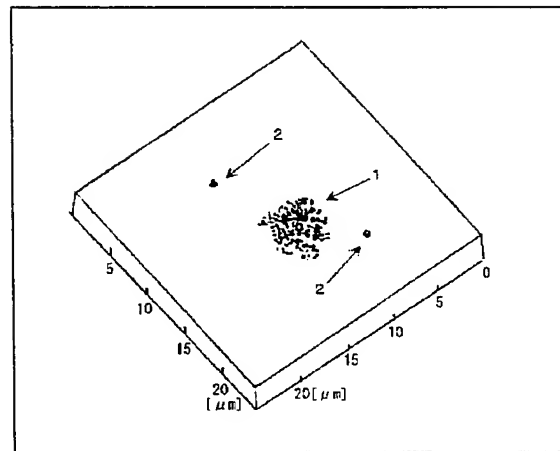
【図4】



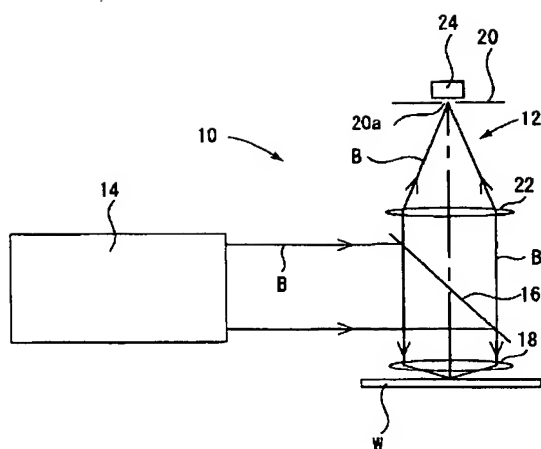
【図5】



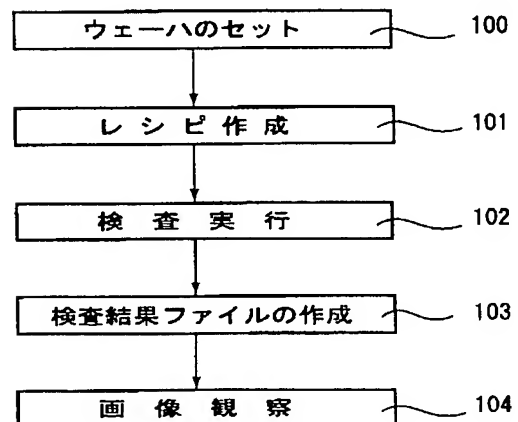
【図6】



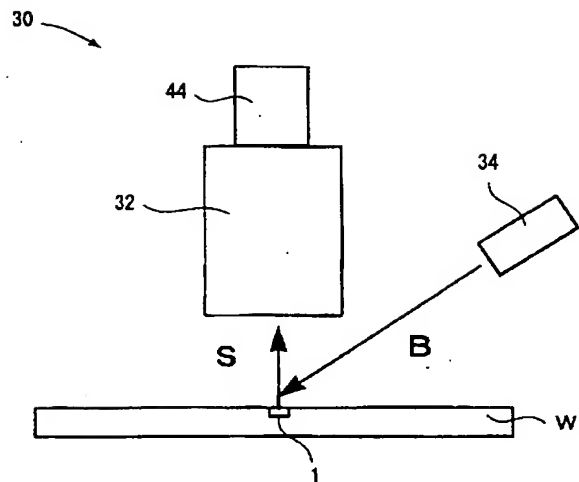
【図7】



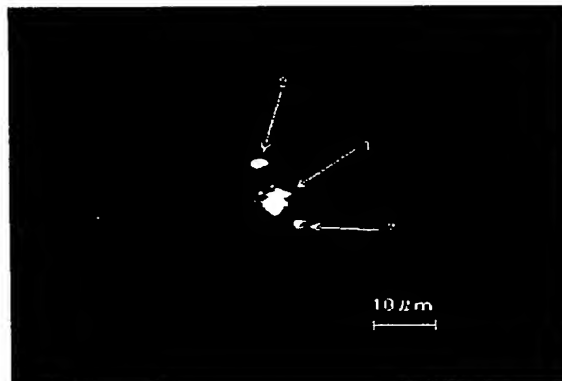
【図8】



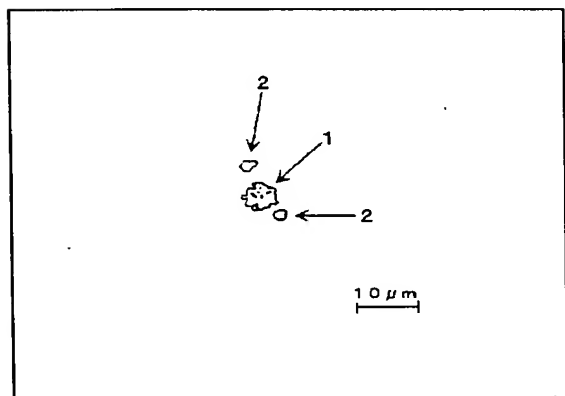
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 0 1 L 21/304

識別記号

6 4 8

F I

H 0 1 L 21/304

テーマコード (参考)

6 4 8 G

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)